



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 61 109 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
B 60 T 13/74

⑳ Aktenzeichen: 198 61 109.9
㉔ Anmeldetag: 12. 6. 1998
㉕ Offenlegungstag: 23. 3. 2000

DE 198 61 109 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑥2 Teil aus: 198 26 052.0

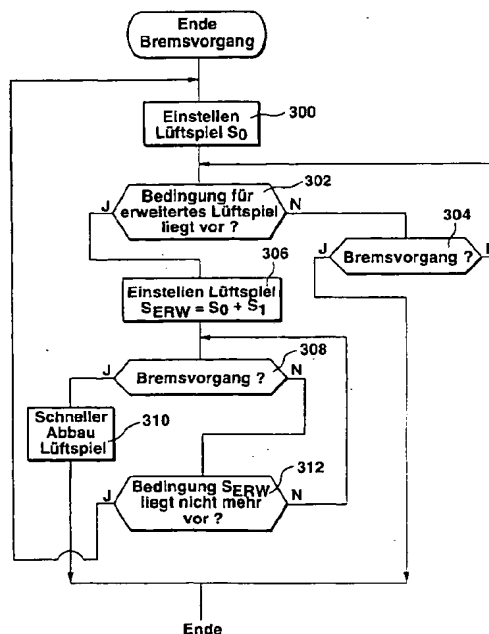
⑦2 Erfinder:
Blattert, Dieter, 74366 Kirchheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage

⑤7 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage vorgeschlagen, bei welchen nach Beendigung eines Bremsvorgangs ein Lüftspiel eingestellt wird. Die Größe des Lüftspiels ist dabei abhängig vom Betriebszustand des Fahrzeugs. Zu Beginn eines Bremsvorgangs erfolgt zur Überwindung des Lüftspiels anstelle der Regelung der Radbremsen im Normalbetrieb eine Steuerung.



DE 198 61 109 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Fahrzeugbremsanlage.

Die Einstellung des Lüftspiels an einer Radbremse ist mit Blick auf den stets vorhandenen Bremsbelagverschleiß sowie Änderungen in den Randbedingungen, wie zum Beispiel der Bremsentemperatur wünschenswert. Dies gilt besonders für ein elektromotorisch betriebenes Radbremssystem bei Kraftfahrzeugen, bei dem die Radbremsen durch Ansteuern elektromotorischer Bremsensteller betätigt werden. Bei diesen Bremssystemen muß das Lüftspiel aktiv, d. h. durch ansteuern der Bremsensteller eingestellt werden. Elektromotorisch betriebene Radbremsen für Kraftfahrzeuge sind bekannt, beispielsweise aus der WO-A 94/24453, wo die Zuspännkraft durch einen Elektromotor erzeugt wird. Bei einem elektrisch gesteuerten Bremssystem sollte in allen Betriebspunkten im ungebremsten Zustand ein gefordertes Lüftspiel (Abstand zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe bzw. -trommel) eingehalten werden.

Bei der Lüftung ist zu beachten, daß einerseits ein kleines Lüftspiel gewünscht ist, um die Zeit, die benötigt wird, die Bremsbeläge anzulegen, möglichst gering zu halten, andererseits ein größeres Lüftspiel notwendig ist, um in allen Betriebsfällen, auch zum Beispiel beim Auftreten eines Bremsbelagschlags oder bei Schlechtwegstrecken durch die Elastizität der Radaufhängung (Achsschenkel, etc.), im ungebremsten Zustand keine Reibverluste zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag mehr zu haben.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die oben dargestellten unterschiedlichen Anforderungen an die Lüftspieleinstellung zu befriedigen.

Dies wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Vorteile der Erfindung

Die nachfolgend beschriebene Lösung berücksichtigt die unterschiedlichen Anforderungen an die Lüftspieleinstellung, insbesondere bezüglich des reibfreien Zustands bei ungebremster Fahrt und der Dynamik eines Bremseneingriffs.

Besonders vorteilhaft ist, daß das Lüftspiel aktiv bei Vorliegen vorbestimmter Bedingungen vergrößert wird. Diese Bedingungen zeigen an, daß die Wahrscheinlichkeit für einen unmittelbar bevorstehenden Bremsvorgang nicht größer als eine mittlere Wahrscheinlichkeit ist. In einem Betriebszustand, in dem mit höherer Wahrscheinlichkeit von einem unmittelbar bevorstehenden Bremsvorgang ausgegangen werden muß, wird ein geringeres Lüftspiel eingestellt.

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung bei Systemen, bei denen das Lüftspiel aktiv eingestellt werden kann, beispielsweise bei elektromotorischen Bremsanlagen.

In vorteilhafter Weise wird die Lebensdauer der Bremsscheibe und des Bremsbelag bzw. der Bremsstrommel und der Bremsbacke verlängert.

Ferner findet durch Reduzierung des Restmoments am Fahrzeugrad eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs des Fahrzeuges statt.

Besonders vorteilhaft ist ferner, daß das erweiterte Lüftspiel bei einer Bremsanforderung dynamisch sehr schnell überwunden wird, indem die Radbremse-Stelleinrichtung mit nahezu maximaler Dynamik verstellt wird, wobei sich vorzugsweise das Steuerverfahren vom Steuerverfahren während eines Bremsvorgangs unterscheidet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Fig. 1 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild einer Bremsanlage mit einer elektromotorischen Zuspännung der Bremsen am Beispiel eines Radpaares. In Fig. 2 ist eine bevorzugte Ausgestaltung der Steuerungseinrichtung dargestellt. Fig. 3 zeigt anhand eines Flußdiagramms die Realisierung der nachfolgend dargestellten Lüftspieleinstellung als Rechnerprogramm. In Fig. 4 ist für ein Beispiel die Wirkungsweise der nachfolgend beschriebenen Lösung anhand von Zeitdiagrammen dargestellt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild einer Bremsanlage mit einer elektromotorischen Zuspännung der Bremsen am Beispiel eines Radpaares. Dieses Radpaar könnte einer Achse oder einer Diagonalen des Fahrzeugs zugeordnet sein. Dabei ist mit 10 das Bremspedal des Fahrzeugs dargestellt. Der Bremswunsch des Fahrers wird über das Sensorsystem 12 durch Winkel-, Weg- und/oder Kraftmessung erfaßt und über die Leitungen 14 einem elektronischen Steuerungssystem 16 zugeführt. Dieses Steuerungssystem ist in einer vorteilhaften Auslegung aus dezentral aufgeteilten Steuereinheiten aufgebaut. Das Sensorsystem 12 wie auch zumindest teilweise das elektronische Steuerungssystem 16 sind redundant ausgeführt. Das elektronische Steuerungssystem betätigt über die Ausgangsleitungen 18 und 20 die Elektromotoren 23 und 24, beispielsweise mittels eines pulswidenmodulierten Spannungssignals unter Verwendung einer H-Brückenendstufe oder mittels elektronisch kommutierter SR-Motoren (switched-reluctance). Die Elektromotoren sind Teil von Bremsenstellern 26 und 28. Die rotatorischen Bewegungen dieser Motoren werden in den nachgeschalteten Getriebestufen 58 und 60 in translatorische Bewegungen umgeformt, die zu Verschiebungen der Bremsbeläge 30 und 32 führen. Die Bremsbeläge werden in den Bremssätteln 34 und 36 geführt und wirken auf die Bremsscheiben 38 und 40 der Räder 1 und 2. Daneben ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine elektrisch betätigbare Verriegelungseinrichtung vorgesehen, mit deren Hilfe der Bremsensteller in der aktuellen Position verriegelt werden kann, so daß der Elektromotor stromlos geschaltet werden kann, z. B. durch die Arretierung des Rotors des Elektromotors. Die Position des Bremsenstellers wird dann ohne Energieaufwand gehalten.

An jedem Rad werden Kraft- oder Momentensensoren 42 und 44 eingesetzt, deren Signale über die Meßleitungen 46 und 48 dem elektronischen Steuerungssystem 16 zugeführt werden. Mittels dieser Sensoren werden in einer Ausführungsvariante die axialen Abstützkräfte der Steller bei einem Bremsvorgang gemessen und bilden damit ein Maß für die auf die Bremsscheibe wirkende Normalkräfte. Diese Variante wird im folgenden Kraftmessung genannt. Unter Bremskraft wird daher die Kraft verstanden, mit der die Bremsbacken gegen die Bremsscheibe bzw. -trommel drücken. In einer anderen Ausführungsvariante werden die radialen Abstützkräfte der Bremsbeläge gemessen und damit ein Maß für die in den Bremsscheiben auftretenden Reibkräfte bzw. deren Reibmomente gebildet. Zudem werden über die Sensoren 50 und 52 die Radgeschwindigkeiten erfaßt und über die Eingangsleitungen 54 und 56 dem Steuerungssystem 16 übermittelt. Ferner sind Winkelsensoren 62 und 64 vorgesehen, deren Signale über die Leitungen 66 und 68 dem Steuerungssystem 16 zugeführt werden. Diese Winkelsensoren sind in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel

Hallsensoren, welche zum Beispiel die Umdrehung des Elektromotors des Bremsenstellers erfassen und pro Umdrehung mehrere Impulse liefern, deren Anzahl ein Maß für den zurückgelegten Winkel und damit für den zurückgelegten Weg der Bremsbeläge ist. In anderen Ausführungsbeispielen werden andere Sensoren, zum Beispiel induktive Sensoren, Potentiometer, etc. zur Weg- oder Winkelmessung eingesetzt.

Im elektronischen Steuerungssystem 16 werden aus dem erfaßten Bremswunsch entsprechend vorprogrammierte Kennfelder Sollwerte für die einzelnen Radbremsen oder Gruppen von Radbremsen ermittelt. Diese Sollwerte entsprechen beispielsweise denen in einem Rad oder einem Radpaar einzustellenden Bremsmomenten oder Bremskräften, deren Größen unter anderem von der Achslastverteilung des Fahrzeugs abhängen. Aus den ermittelten, ggf. radindividuellen Sollwerten wird durch Vergleich mit den von den Sensoren 42 und 44 gemessenen Ist-Werten der Bremskräfte bzw. der Bremsmomente Regeldifferenzen ermittelt, die Regelalgorithmen, zum Beispiel in Form zeitdiskreter PID-Regler, zugeführt werden. Die Stellgröße dieser Regler wird zur Ansteuerung der Elektromotoren verwendet, wobei entsprechende Ansteuersignale über die Leitungen 18 und 20 ausgegeben werden.

Nach Beendigung der Bremsung wird das Lüftspiel an den Radbremsen eingestellt. Dies kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Im einfachsten Ausführungsbeispiel wird im Rahmen einer Winkel- bzw. Lagerregelung über das entsprechende Meßsignal ein vorgegebener Winkel bzw. eine vorgegebene Lage eingestellt. Dieser Sollwinkel bzw. diese Sollage entspricht einem vorgegebenen Lüftspiel, d. h. einem vorbestimmten Abstand der Bremsbeläge zur Scheibe bzw. Trommel, wobei der Winkel bzw. die Lage der Bremsbeläge beim Lösen der Bremse berücksichtigt wird. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird das Lösen der Radbremse erfaßt und durch Ansteuerung des Stellmotors beispielsweise für eine bestimmte Zeit oder auf der Basis des dann vorliegenden Nullwertes bzw. Nullwinkels ein vorbestimmtes Lüftspiel eingestellt. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird die Einstellung des Lüftspiels über den Momenten- bzw. Kraftregler vorgenommen, indem aus dem gemessenen Wegsignal bzw. Winkelsignal unter Berücksichtigung des Nullwertes dieses Signals bei Lösen der Radbremse ein Istmoment bzw. eine Istkraft über eine Kennlinie berechnet wird. Diese Kennlinie entspricht dem Zusammenhang zwischen Bremsmoment bzw. Bremskraft und Winkel bzw. Weg des Bremsbelags. Der berechnete Istwert dient dann zur Momenten- bzw. Kraftregelung, wobei über den fiktiven Istwert ein vorbestimmtes Lüftspiel eingestellt wird. Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise ist unabhängig von der konkreten Art und Weise, in der das Lüftspiel eingestellt wird.

Erfolgt während einer bestimmten Zeitdauer nach Beendigung des Bremsvorgangs kein weiterer Bremswunsch, so wird ein erweitertes Lüftspiel im Rahmen einer der oben genannten Vorgehensweisen eingestellt, welches zu einem größeren Abstand zwischen Bremsbelag und Brems Scheibe führt. Die erweiterte Lüftspieleinstellung erfolgt dabei nur dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit über einer bestimmten Grenzgesehwindigkeit liegt. Entsprechend wird das erweiterte Lüftspiel dann eingestellt, wenn ein automatisch geregelter Geschwindigkeitsregler, z. B. von einem Fahrgesehwindigkeitsregler, vorliegt. In diesem Fall spielt der Ablauf der Zeitdauer keine Rolle, so daß das erweiterte Lüftspiel bereits früher eingestellt wird.

Erfolgt bei eingestelltem erweitertem Lüftspiel ein Bremswunsch durch den Fahrer oder ein aktives Sicherheitssystem, z. B. einer Fahrdynamikregelung, einer An-

triebschlupfregelung etc., wird das erweiterte Lüftspiel durch eine geänderte Ansteuerstrategie möglichst schnell durchlaufen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird an den Elektromotor ein Ansteuersignal mit einer höheren Ansteuerspannung bzw. einem größeren Tastverhältnis ausgegeben, wobei in einem Ausführungsbeispiel keine Regelung stattfindet, sondern das vergrößerte Ansteuersignal für eine bestimmte Zeit ausgegeben wird, die zu einem Überwinden des eingestellten Abstand führt. Danach wird die Regelung aufgenommen.

In Fig. 2 ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Steuerungssystems 16 in Verbindung mit der Lüftspieleinstellung dargestellt. Vom Bremsensteller 26 bzw. der entsprechenden Radbremse werden die Meßgrößen für die Bremskraft F_x (bzw. das Bremsmoment), die Weg- bzw. Winkelgröße S_x sowie die Radgeschwindigkeit N_x an das Steuerungssystem 16, dort an eine Steuereinheit 100 zur Steuerung der Radbremse übermittelt. Von dieser Steuereinheit erhält der Bremsensteller 26 ein Ansteuersignal $I(t)$, welches den Strom durch den Elektromotor repräsentiert. Die Steuereinheit 100 umfaßt einen Regler 102 sowie ein Lüftspieleinstellmodul 104. Der Regler stellt im bevorzugten Ausführungsbeispiel einen Bremsmomentenregler bzw. ein Bremskraftregler dar. Er erhält von einer Bremswunsch-aufbereitung 106, die ebenfalls Teil des Steuerungssystems ist, einen Sollwert für das Bremsmoment bzw. die Bremskraft. Der Regler übermittelt an den Lüftspieleinstellmodul 104 die gemessene Bremskraft $F(t)$ bzw. das gemessene Bremsmoment, anhand dessen das Lüftspieleinstellmodul 104 die Bedingungen zur Einstellung des Lüftspiels ableitet. Vom Lüftspieleinstellmodul 104 werden dem Regler 102 das Lüftspiel S_0 , das erweiterte Lüftspiel S_{ERW} sowie der Additionsbetrag S_1 , der vom Lüftspiel zum erweiterten Lüftspiel führt, übermittelt. Aufgrund dieser Information stellt der Regler 102 das jeweils vorgegebene Lüftspiel im Rahmen einer der oben genannten Vorgehensweisen ein. Aufgrund der übermittelten Information ist der Regler in der Lage festzustellen, ob ein erweitertes Lüftspiel eingestellt wird oder nicht. Abhängig von dieser Information wird bei einem Bremsvorgang das erweiterte Lüftspiel in der oben beschriebenen Weise abgebaut. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird zusätzlich oder alternativ zu diesen Information die Information für einen schnellen Abbau des erweiterten Lüftspiels übermittelt, die den Regler z. B. zu einer Umschaltung von Regelung auf Steuerung veranlaßt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Lüftspieleinstellmodul 104 im wesentlichen um eine Timerfunktion.

Die Realisierung der Lüftspieleinstellung erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel als Rechnerprogramm. In Fig. 3 ist ein Flußdiagramm skizziert, welches ein Beispiel für eine derartige Realisierung zeigt.

Das in Fig. 3 beschriebene Programm wird mit Beendigung eines Bremsvorgangs, d. h. mit Lösen der Bremsbeläge von der Brems Scheibe eingeleitet. Dies wird z. B. anhand des gemessenen Bremskraft- bzw. Bremsmomentensignals ermittelt. In ersten Schritt 300 wird das Lüftspiel S_0 vorgegeben und vom Regler z. B. über eine Lagerregelung eingestellt. Dieses Lüftspiel S_0 ist relativ klein, d. h. der Abstand zwischen Bremsbelag und Brems Scheibe bzw. Brems-trommel ist so gering, daß in allen Betriebsfällen Restreibungsmomente nicht auszuschließen sind. Im darauffolgenden Schritt 302 werden die Bedingungen überprüft, die zur Einstellung eines erweiterten Lüftspiels führen. Diese Bedingungen sind der Ablauf einer vorgegebenen Zeitdauer nach Beendigung eines Bremsvorgangs und das Überschreiten einer Grenzgesehwindigkeit durch die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder die Aktivierung eines automatisch geregelten

Geschwindigkeitswunsches (z. B. eines Fahrgeschwindigkeitsreglers). Ist keine dieser Bedingungen erfüllt, so wird im Schritt 304 beispielsweise anhand des Sollwert- oder des Istwertsignals überprüft, ob ein erneuter Bremsvorgang vorliegt. Ist dies nicht der Fall, wird Schritt 302 wiederholt, während im anderen Fall das Programm beendet wird. Die Einstellung des Lüftspiels ist dabei durch die elektrisch betätigbare Verriegelungseinrichtung arretiert. Ist eine der Bedingungen für die erweiterte Lüftspieleinstellung erfüllt, d. h. ist die Zeit abgelaufen und die Fahrgeschwindigkeit über einer Grenzggeschwindigkeit oder liegt ein automatischer Geschwindigkeitswunsch vor, so wird gemäß Schritt 306 das Lüftspiel auf den Wert SERW eingestellt, der als Summe des Lüftspiels S0 und eines Additionsbetrags S1 gebildet wird. Der Abstand zwischen Bremsbelag und Brems- scheibe bzw. -trommel wird vergrößert, so daß keine Restreibmomente auftreten. Danach wird im Schritt 308 wieder beispielsweise anhand des Sollwertsignals überprüft, ob ein Bremsvorgang vorliegt. Ist dies der Fall, wird ein schneller Abbau des Lüftspiels gemäß Schritt 310 eingeleitet, indem an dem Elektromotor eine hohe Ansteuerspannung bzw. ein vergrößertes Tastverhältnis vorzugsweise im Rahmen einer Steuerung unter Abschalten der Regelung ausgegeben wird. Diese Funktion wird hauptsächlich vom Regler 102 ausgeführt. Das Ansteuersignal ist dabei größer als das Ansteuersignal bei einer Betriebsbremsung. Danach wird das Programm beendet und beim Ende des nächsten Bremsvorgangs wieder eingeleitet. Liegt kein erneuter Bremsvorgang vor, wird im Schritt 312 überprüft, ob eine der Bedingungen zur Einstellung des erweiterten Lüftspiels nicht mehr vorliegt. Sind alle Bedingungen noch erfüllt, wird das Programm mit Schritt 308 durchgeführt, liegt eine der Bedingungen nicht mehr vor, so wird das Programm mit Schritt 300 wiederholt und das ursprüngliche Lüftspiel eingestellt. Diese Situation kann beispielsweise dann auftreten, wenn die Fahrgeschwindigkeit die Grenzggeschwindigkeit unterschreitet oder wenn ein automatisch geregelter Geschwindigkeitswunsch deaktiviert wird. In diesem Fall ist nachfolgend mit einem Bremsvorgang zu rechnen, so daß eine Dynamikverbesserung durch Einstellen des ursprünglichen Lüftspiels erreicht werden kann.

In Fig. 4 sind anhand von Zeitdiagrammen beispielhaft die Wirkungen der beschriebenen Vorgehensweise dargestellt. Fig. 4a zeigt den Bremswunsch β über der Zeit, während in Fig. 4b die Bremsbelagverschiebung S über der Zeit t eingetragen ist. Zunächst sei ein Bremsvorgang aktiv. Der Bremsbelag steht in Kontakt mit der Brems- scheibe bzw. -trommel. Zum Zeitpunkt t0 wird das Pedal gelöst, der Bremsvorgang beendet. Dies wird erkannt, so daß das Lüft- spiel S0 eingestellt wird. Zum Zeitpunkt t1 sei kein weiterer Bremsvorgang eingetreten, die vorgegebene Zeitdauer abgelaufen und die Geschwindigkeit über der Grenzggeschwindigkeit, so daß zum Zeitpunkt t1 das erweiterte Lüftspiel SERW eingestellt wird. Zum Zeitpunkt T2 betätigt der Fahrer das Bremspedal, und leitet einen erneuten Bremsvorgang ein. Dies führt zu einem schnellen Abbau des erweiterten Lüftspiels gemäß Fig. 4b und zum Anlegen der Bremsbeläge an die Scheibe bzw. Trommel. Danach findet die Regelung des Bremsvorgangs statt.

Die beschriebene Vorgehensweise ist nicht nur in Verbindung mit elektromotorischen Bremsanlagen anwendbar, sondern überall dort, wo eine aktive Einstellung des Lüftspiels möglich ist.

den Radbremsen, welche nach Beendigung des Bremsvorgangs zum Einstellen eines vorbestimmten Lüftspiels zwischen Bremsbelag und Brems- scheibe bzw. Bremsstrommel angesteuert werden, wobei während eines Bremsvorgangs eine Regelung der Bremskraft bzw. des Bremsmoments erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß zu Beginn eines Bremsvorgangs zur Überwindung des Lüftspiels anstelle dieser Regelung eine Steuerung erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Ansteuersignal im Rahmen der Steuerung ein Ansteuersignal mit einer höheren Ansteuerspannung oder einem größerem Tastverhältnis gegenüber dem Regelbetrieb ausgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch betätigbare Stelleinrichtung einen Elektromotor umfaßt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung für eine vorbestimmte Zeit vorgenommen wird, indem das erhöhte Ansteuersignal für eine vorbestimmte Zeit ausgegeben wird.

5. Vorrichtung zur Steuerung einer Bremsanlage, mit elektrisch betätigbaren Stelleinrichtungen (26, 28) an den Radbremsen, mit einem elektronischen Steuerungssystem (16), das die Stelleinrichtungen (26, 28) nach Beendigung des Bremsvorgangs zum Einstellen eines vorbestimmten Lüftspiels zwischen Bremsbelag und Brems- scheibe bzw. Bremsstrommel ansteuert, wobei das Steuerungssystem (16) eine Steuereinheit mit einem Regler (102) umfaßt, welcher während eines Bremsvorgangs eine Regelung der Bremskraft bzw. des Bremsmoments durchführt, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (102) zu Beginn eines Bremsvorgangs zur Überwindung des Lüftspiels die Regelung unwirksam schaltet und an deren Stelle das Lüftspiel durch eine Steuerung abbaut.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

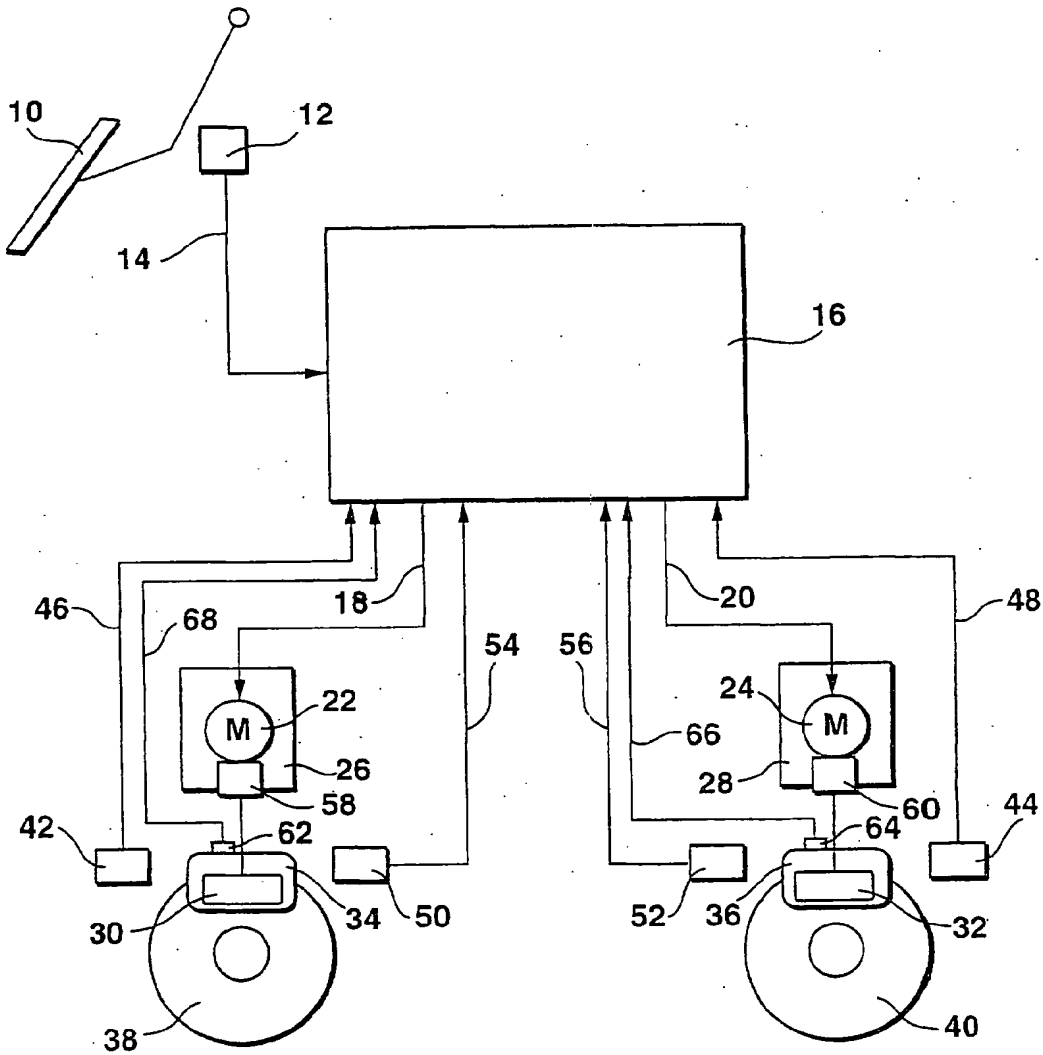


Fig. 2

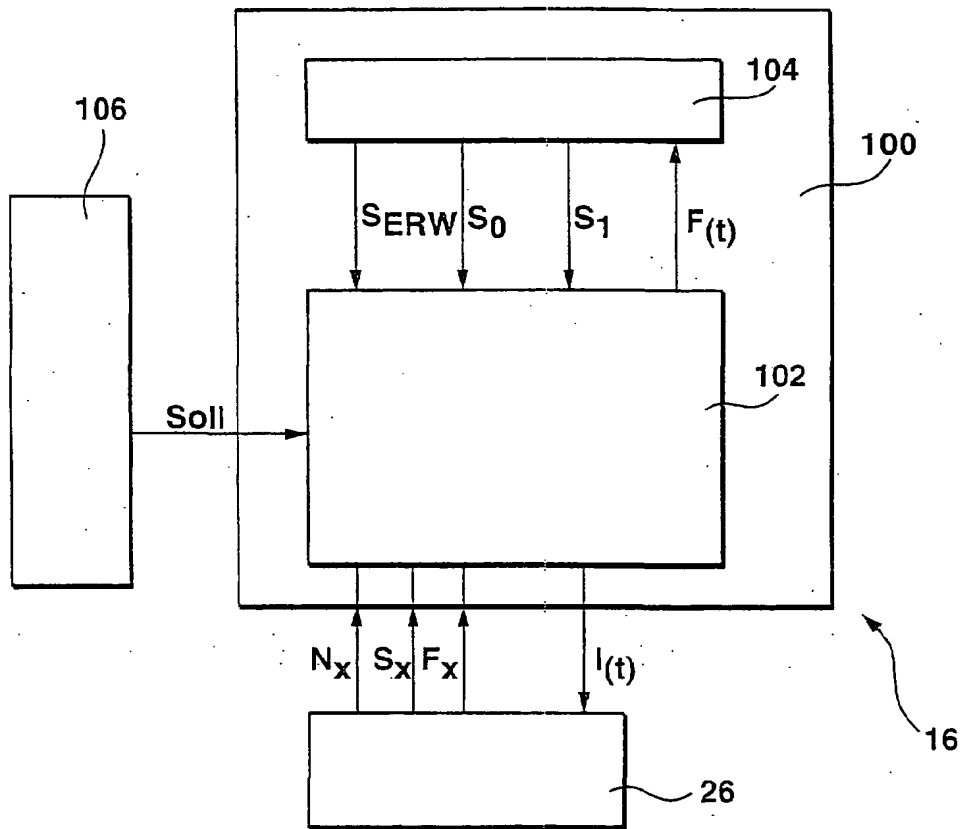


Fig. 3

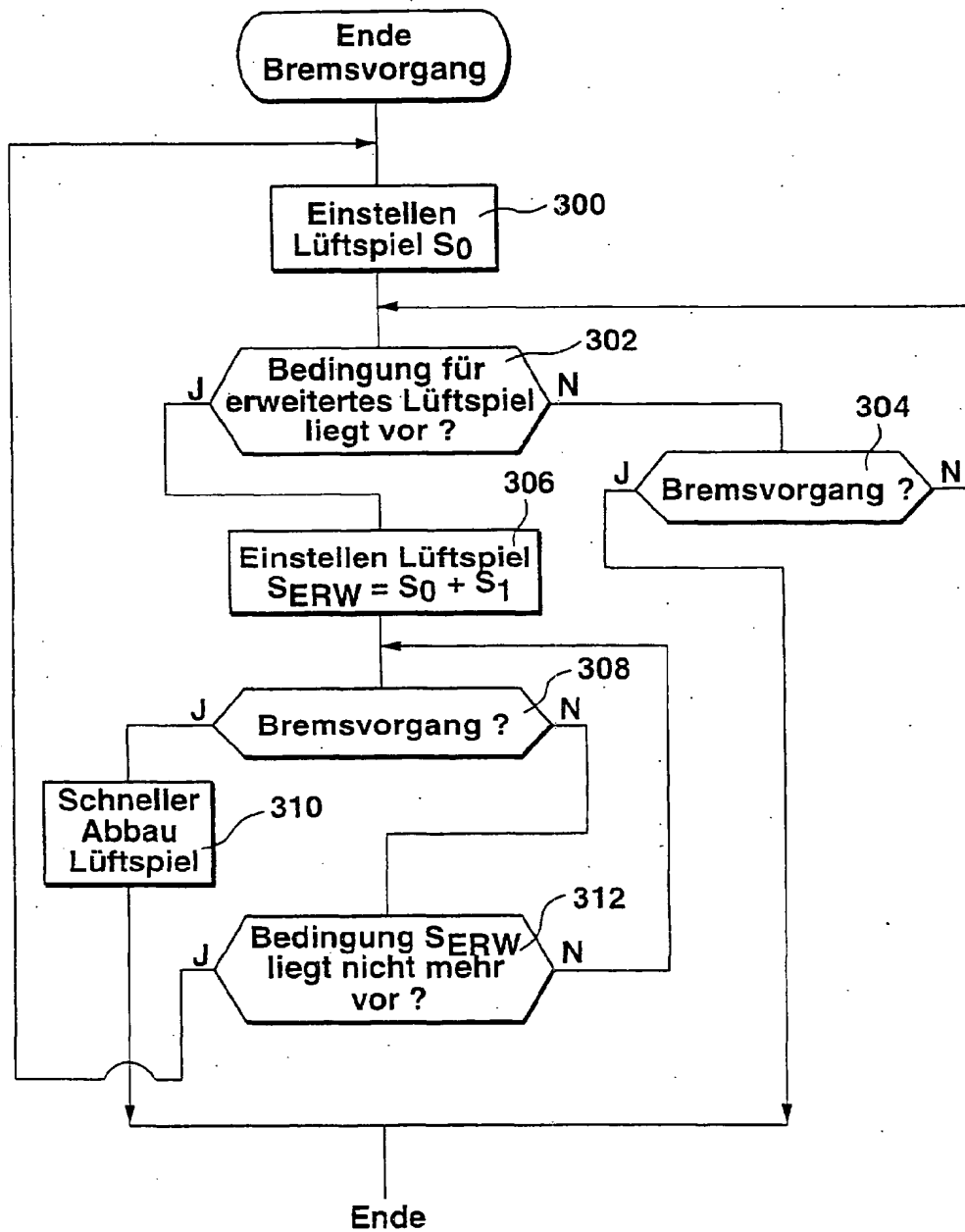


Fig. 4a

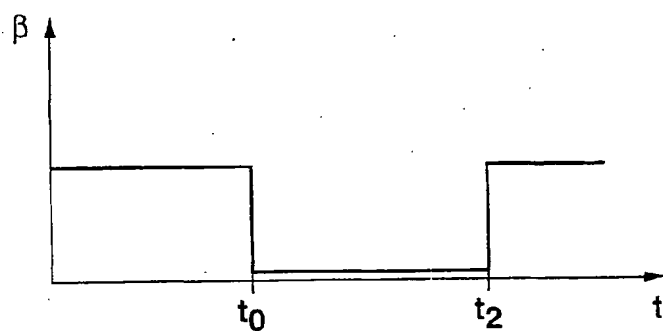


Fig. 4b

